



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**  
**DE 195 37 264 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**B 22 D 19/08**  
C 25 D 1/16  
B 29 C 33/40

②① Aktenzeichen: 195 37 264.6  
②② Anmeldetag: 6. 10. 95  
②③ Offenlegungstag: 10. 4. 97

DE 195 37 264 A 1

⑦① Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦② Erfinder:

Greul, Matthias, Dipl.-Ing., 28357 Bremen, DE; Pintat,  
Theo, Dr.-Ing., 27721 Ritterhude, DE; Semrau,  
Wolfgang Martin, Dipl.-Ing., 26209 Hatten, DE;  
Sindel, Manfred, Dipl.-Ing., 28201 Bremen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

DE 36 16 049 A1  
DE-Z.: »GIEßEREI« 81 (1994), 22, S.793-796;  
DE-Z.: »GIEßEREI« 63 (1976), 12, S.351-352;  
DE-B.: »GIEßEREI LEXIKON« 13.Aufl., Ausgabe 1986,  
S.604, Fachverlag Schiele & Schön GmbH Berlin;  
DE-B.: A. Fischer »Das Formen und Gießen« 1951  
B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, S.102-112;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Bauteile aus insbesondere metallischen Werkstoffen, Kunststoffen oder Keramikverbundwerkstoffen

⑤⑦ Es wird ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Bauteile aus insbesondere metallischen Werkstoffen, Kunststoffen oder Keramikverbundwerkstoffen beschrieben. Im ersten Schritt des Verfahrens wird freiformend eine Hohlform hergestellt, die im zweiten Schritt mit schmelzflüssigem oder pulverförmigem, metallischen Werkstoff, Kunststoff oder Keramikverbundwerkstoff ausgefüllt wird. Zwischen der Hohlform und dem ausfüllenden Werkstoff entsteht eine feste Verbindung. Die Hohlform wird nach Beendigung des Herstellungsverfahrens nicht entfernt, sondern sie bildet die Funktionsoberfläche des fertigen Bauteiles.

DE 195 37 264 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02 97 702 015/284

5/24

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Bauteile aus insbesondere metallischen Werkstoffen.

Metallische, dreidimensionale Bauteile können mittels verschiedener Verfahren hergestellt werden. Eine seit Jahren bekannte Technik zur Herstellung metallischer Bauteile ist das Gießen. Da bei wird eine Gußform mit dem flüssigen Metall gefüllt und das Bauteil nach dem Erstarren aus der Form entnommen und bearbeitet. Insbesondere ist die Oberflächenbearbeitung notwendig damit das Bauteil bestimmungsgemäß eingesetzt werden kann.

Eine andere Möglichkeit der Herstellung dreidimensionaler Bauteile ist das sogenannte Rapid Prototyping-Verfahren bzw. das Verfahren der freiformenden Herstellung. Derartige Verfahren können als rechnergesteuerte, galvanische Materialabscheidung oder als rechnergesteuertes schichtweises Auftragen durchgeführt werden und sind z. B. aus der EP 0 426 363, P 43 19 128.2 und dem Patent der Anmelderin P 44 42 961.4 bekannt. Beide Verfahren, d. h. das Verfahren der galvanischen Abscheidung und das Verfahren des schichtweisen Auftragens sind sehr zeitaufwendig, da sie in kleinen Schritten erfolgen. Deshalb eignen sie sich nicht zur Herstellung von dreidimensionalen Bauteilen größerer Maße. Die Genauigkeit der Herstellung von Bauteilen nach diesen Verfahren ist sehr hoch, jedoch ist der Zeitaufwand der Genauigkeit der herzustellenden Oberfläche direkt proportional. Deshalb eignen sich diese Verfahren nicht zur Herstellung von Bauteilen mit einer hohen Oberflächengenauigkeit und gleichzeitig mit einem großen Körpervolumen.

Es sind auch Verfahren zur Herstellung von Hohlkörpern aus Metallen oder Metallegierungen bekannt, bei denen eine Hohlstruktur galvanisch oder durch andere Beschichtungsverfahren erstellt wird. Ein derartiges Verfahren ist z. B. aus der DE 43 32 208.5 bekannt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen metallischen Bauteilen anzugeben, welches gebrauchsvorteilhaft und einfach in der Anwendung ist und mit dem große Bauteile mit einer hohen Oberflächengenauigkeit herstellbar sind.

Diese Aufgabe ist durch das im Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst. Die Unteransprüche stellen vorteilhafte Weiterbildungen dar.

Das Verfahren wird so durchgeführt, daß im ersten Schritt freiformend eine Hohlform hergestellt wird und im zweiten Schritt des Verfahrens in diese Hohlform das Bauteilmaterial meistens ein schmelzflüssiges oder pulverförmiges Metall eingefüllt wird. Die Hohlform wird anschließend nicht entfernt, sie bildet die Oberfläche, sogenannte Funktionsoberfläche des fertigen Bauteils und ist ein Bestandteil desselben. Da die Hohlform eine relativ dünne Wandung aufweist, ist ihre Herstellung ohne großen Zeitaufwand möglich. Trotzdem weist sie eine hohe Oberflächengenauigkeit auf, so daß eine anschließende Bearbeitung der Oberfläche des fertigen Bauteiles nicht mehr notwendig ist. Die freiformende Herstellung der Hohlform kann vorteilhafterweise im Verfahren des Rapid Prototypings durch schichtweises Abscheiden oder galvanisches Abscheiden eines Werkstoffes, vorzugsweise eines metallischen Werkstoffes erfolgen. Für das freiformende, schichtweise Abscheiden eignen sich vorzugsweise Kunststoffe, Wachse oder Polymere. Im Verfahren des galvanischen Abscheidens

werden Werkstoffe wie Nickel oder Kupfer eingesetzt, jedoch geeignet sind alle Metalle die elektrochemisch abscheidbar sind. Die Hohlform wird im Verfahren der freiformenden Formgebung mehrschichtig aufgebaut, vorzugsweise derart, daß ihre äußeren Schichten, d. h. die Schichten die die Funktionsoberfläche des fertigen Bauteiles bilden die an dieses Bauteil gestellten Anforderungen erfüllen. Die inneren Schichten, d. h. die Schichten die mit dem flüssigen Metall oder einem anderen schmelzflüssigen oder pulverförmigem Material wie z. B. Metall, Kunststoff oder ein Keramikverbundwerkstoff in Berührung kommen, bestehen aus einem Material, welches ein Anschmelzen durch den zu gießenden Werkstoff erlaubt oder daß zumindest durch die Gießwärme nach dem Gießen eine feste Verbindung, z. B. durch Diffusion in das gegossene Material hinein erreicht wird. Die freiformend herzustellende Hohlform kann über ein Negativ oder über ein Positiv hergestellt werden. Das Ausgießen der Hohlformen erfolgt in einem feingußähnlichen Verfahren, z. B. durch Vakuumguß oder Vakuuminfiltration. Die für das Bauteil erforderlichen Eigenschaften können so durch das vergossene Material, bestimmt werden. Die Hohlform, die gleichzeitig Bestandteil des Bauteiles ist und dessen Funktionsoberfläche bildet, ist sinnvollerweise so dünn, daß die Eigenschaften des Bauteiles durch sie nicht verändert und nicht bestimmt werden.

Das Auftreiben der Hohlform kann während des Füllprozesses mit dem schmelzflüssigen Material zuverlässig durch eine Hinterfüllung der Außenkontur der Hohlform mit z. B. einem Schwermetall-Pulver vermieden werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand von zwei Verfahrensabläufen, die in den Fig. 1 und 2 dargestellt sind, näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Verfahrensablauf bei der Erstellung der Hohlform über ein Negativ,

Fig. 2 Verfahrensablauf bei der Erstellung der Hohlform über ein Positiv.

Nach der Erstellung einer Negativform aus einem Modellwerkstoff im Schritt 1 werden an den dafür vorgesehenen Abschnitten der Negativform freiformend im Schritt 2 des Verfahrens Teile der Hohlform hergestellt. Sie werden anschließend im Schritt 3 des Verfahrens entformt und im Schritt 4 des Verfahrens zu einer ganzen Hohlform zusammengefügt. Bei der Herstellung der Hohlform über ein Positiv wird das Positiv des zu fertigenden Bauteiles aus einem ausschmelzbaren Modellwerkstoff hergestellt (Schritt 1). Anschließend erfolgt eine Beschichtung des Modellwerkstoffes in einem freiformenden Verfahren mit einem Werkstoff, aus dem die Hohlform hergestellt wird (Schritt 2). Durch Ausschmelzen des Modellwerkstoffes im Schritt 3 des Verfahrens wird die Hohlform hergestellt. Die so hergestellte Hohlform wird im Schritt 6 des Verfahrens mit einem schmelzflüssigen Material gefüllt. Nach vollständiger Füllung der Hohlform entsteht im Schritt 7 des Verfahrens ein fertiges Bauteil. Wie in Fig. 1 dargestellt, kann die Hohlform vor dem Füllvorgang im Schritt 5 des Verfahrens zunächst in ein Schwermetallpulver eingebettet werden. Anschließend wird die so eingebettete Form im Schritt 6 des Verfahrens mit schmelzflüssigem Material ausgefüllt und im Schritt 7 des Verfahrens die ausgefüllte Hohlform als fertiges Bauteil entformt, d. h. der Einbettung in das Schwermetallpulver entnommen. Selbstverständlich kann das Füllen der Hohlform mit schmelzflüssigem Material auch bei der Herstellung derselben über ein Positiv bei Einbetten in ein Schwer-

metallpulver erfolgen; es ist auch selbstverständlich, daß beim Herstellen der Hohlform über ein Negativ das Füllen mit schmelzflüssigem Material auch ohne Hinterfüllung der Hohlform erfolgen kann.

Vorteilhaft ist, wenn die Negativ- oder die Positivform aus Wachs oder aus Kunststoff besteht. Bei diesen Werkstoffen ist das Ausschmelzen des Modellwerkstoffes (Positivform) oder das Entnehmen der beiden Hälften der Hohlform (Negativform) ohne Rückstände auf der Hohlform möglich. Bei der Herstellung über ein Negativ ist die Verwendung des Negativs mehrfach möglich.

Die Hohlform kann vor dem Ausfüllen mit flüssigem Material beschichtet werden, wobei die Art und das Material der Beschichtung den späteren Anforderungen an das Bauteil angepaßt werden. Die Beschichtung kann galvanisch, durch thermisches Spritzen oder Sputern erfolgen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

20

1. Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Bauteile aus insbesondere metallischen Werkstoffen, Kunststoffen oder Keramikverbundwerkstoffen bei dem im ersten Schritt freiformend eine Hohlform hergestellt wird, die im zweiten Schritt mit schmelzflüssigem oder pulverförmigem, metallischen Werkstoff, Kunststoff oder Keramikverbundwerkstoff ausgefüllt wird und welche die Funktionsoberfläche des fertigen Bauteiles bildet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlform während des Füllvorgangs hinterfüllt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hinterfüllung durch eine Einbettung in ein Schwermetallpulver erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlform freiformend im Negativ-Verfahren hergestellt wird und aus zwei Teilen, die miteinander verbunden werden, besteht.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlform freiformend im Positiv-Verfahren hergestellt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die freiformende Herstellung der Hohlform im Verfahren des Rapid Prototypings erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Rapid Prototypingverfahren als rechnergestützte galvanische Abscheidung eines galvanisch abscheidbaren Materials erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Rapid Prototypingverfahren als rechnergestütztes schichtweises Aufbringen durch Materialabscheidung, insbesondere eines Kunststoffes, eines Wachses oder eines Polymeren erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlform mehrlagig aufgebaut wird.
10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausfüllen der Hohlform durch Vakuumguß oder Vakuuminfiltration erfolgt.

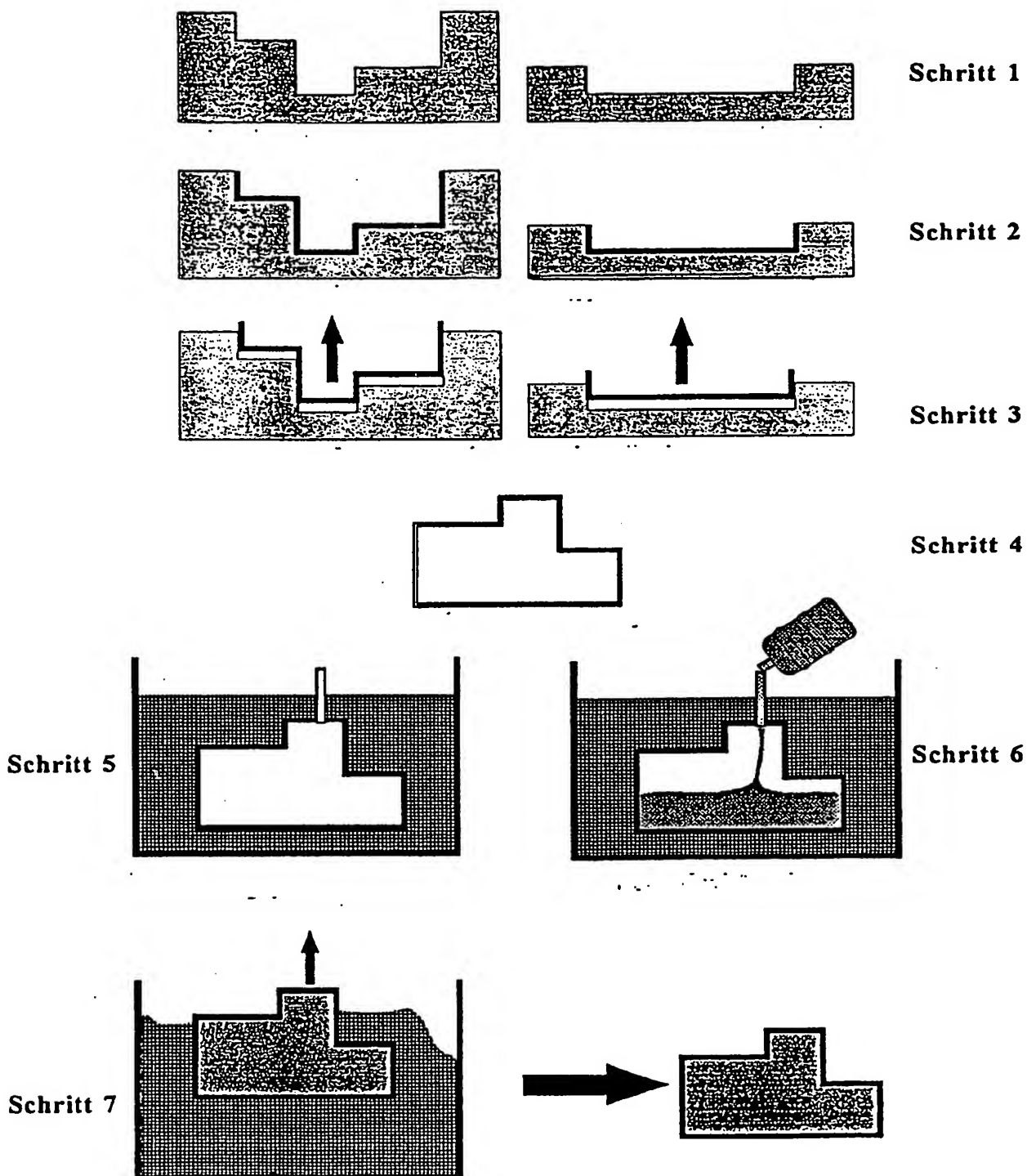


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

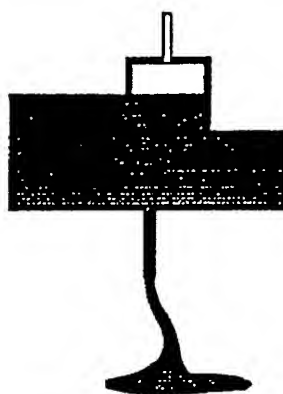
702 015/284



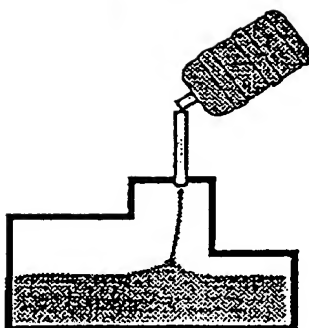
Schritt 1



Schritt 2



Schritt 3



Schritt 6



Schritt 7

Fig. 2

BEST AVAILABLE COPY